

強化プラスチック複合管を用いた改修工法 「エスロン リフトイン工法」の開発と施工事例

Renovation with Fiberglass Reinforced Plastic Mortar(FRPM) Pipes Development of Eslon Lift-in Method and Embodiment

積水化学工業株式会社

村上 優秀

SEKISUI CHEMICAL CO.,LTD.

Masahide MURAKAMI

要旨

日本のライフラインの社会資本ストックは今後、老朽化施設が急速に増えることが想定され、その対応策が求められている。こうした中、農業用改修工事で周辺環境の保全・工期短縮・低コストを目標に強化プラスチック複合管を用いた「エスロン リフトイン工法」を開発した。本報は、国営農業分野で採用された「エスロン リフトイン工法」の施工事例を紹介する。工事の特徴は、通常では既設管よりも2～3サイズ程度口径縮小となるが、本工事は1サイズダウンで長距離施工を短期間で施工した点である。まず、軌条を使用した車輪付バンドで管を運搬するパイプインパイプ工法に対し、本法は軌条不要でタイヤ式の特殊運搬台車による運搬方法に改良した。また、裏込材注入では、通常は塩ビ管を用いて管の外側から注入するが、本法は管にグラウト孔を設置し、管の内側からフレキシブルホースを用いて注入することにより管と既設管との離隔を確保した。さらに、既設管の勾配修正や芯出し作業を油圧式のカゴ型運搬台車でスムーズに行えるように改善した。本工法により、長距離施工（施工延長 550m）をトラブルなく工期通りに完遂できた。

Abstract

As we expect increasing number of our social capital stock, the lifeline of Japan, will rapidly become decrepit in the future, there is a compelling need for its countermeasures. In response to such needs, we have developed Eslon Lift-in Method for agricultural renovation work, which incorporates FRPM pipes to achieve conservation of surrounding environment, shorter construction schedule and low-cost. This report introduces a national agricultural project completed with Eslon Lift-in Method. The project features a long-distance pipe renovation work and shorter construction schedule, as well as new pipe only one size smaller than the existing pipe. While conventional slip-lining (called "Pipe-in-Pipe") technique reduces new pipes' diameter by 2 to 3 sizes from existing pipes, because it requires tracks to drive the new pipes with wheeled bands wrapped on them, Eslon Lift-in method employs newly developed technique of track-less, special wheeled delivery trolley, thereby securing more space for the new pipe. In addition, when filling the space between the existing pipe and the new pipe to keep them separate, the new method first runs flexible hose through grout holes made on the new pipe and injects fill material through the hose from inside of the new pipe, rather than from outside of the new pipe through PVC pipe as in conventional method. Also improved was a smoother technique of adjusting slope of existing pipes and centering, utilizing a basket-type hydraulic trolley. Incorporating this new method, the long-distance pipe renovation (550 meters) project was successfully completed without trouble or delay.

1. はじめに

本報では、関東農政局様発注の「神流川沿岸農業水利事業 児玉幹線改修その7工事」の施工事例について紹介する。

事業の目的は、この地区の神流川頭首工を始めとする農業水利施設は、1967年から1980年に実施された、県営事業等及び国営土地改良事業「埼玉北部地区」により整備されてきた。しかし、30年以上経過した現在、基幹施設は老朽化に伴う機能低下が進んでおり維持やメンテナンスに多大な費用を費やしており、農業経営・土地利用の形態の変化に対応した、より適切な用水配分を求められるようになってきた。

神流川頭首工、農業用水路及び畑地かんがい施設を改修・新設することにより、地区内の営農実態に即した適切な農業用用水配分と施設機能の改善を図り、農業経営の安定と生産性の向上を目指すと共に、維持管理費の低減などを図っていく。

2. 工事の概要

2.1 工事目的

児玉幹線は、新神流川幹線から青柳分水工より分岐されて続く幹線水路で、開水路、サイホン、暗渠、トンネル、パイプラインからなる施設となる。その中のトンネルには、クラック、漏水が確認され、原因は、トンネル上部の空洞化、空洞部の崩落、地下水の上昇等と考えられる。本工事では、老朽化したトンネルを改修する目的で工事を行った。



写真-1 児玉幹線トンネルの漏水状況

2.2 工事内容

本工事では、既設のRC管φ1200(施工延長L=550m)に強化プラスチック複合管φ1100を挿入し、既設管と新管との隙間に中詰めを行い、一体化させる管更生工事を行う。

2.3 工事名

神流川沿岸農業水利事業児玉幹線改修その7工事

2.4 工事場所

埼玉県児玉郡美里町広木地内

2.5 施工延長

L=550m

3. 工法の適用

本工法を適用するにあたり、概要を下記に示す。

3.1 適用口径

本工法は、仕上がり断面がφ700～φ2600であり、カゴ型運搬台車と低重心バッテリーカーを4タイプ品揃えしており、口径により使い分けしている。

(表-1-1、1-2及び図-1、2 参照)

表-1-1 カゴ型運搬台車の仕様及び適用

	0型	1型	2型	3型
適用口径	φ700～900	φ1000～1350	φ1500～2000	φ2200～2600
全体寸法 Mm	W460× L5500	W750× L6400	W900× L6500	W1700× L7200
重量	200kg	500kg	800kg	1500kg

表-1-2 低重心バッテリーカーの仕様及び適用

	0型	1型	2型	3型
適用口径	φ700～900	φ1000～1350	φ1500～2000	φ2200～2600
全体寸法 mm	W800× L2500	W900× L2800	W1080× L2800	W1120× L3000
重量	900kg	2700kg	3500kg	4000kg

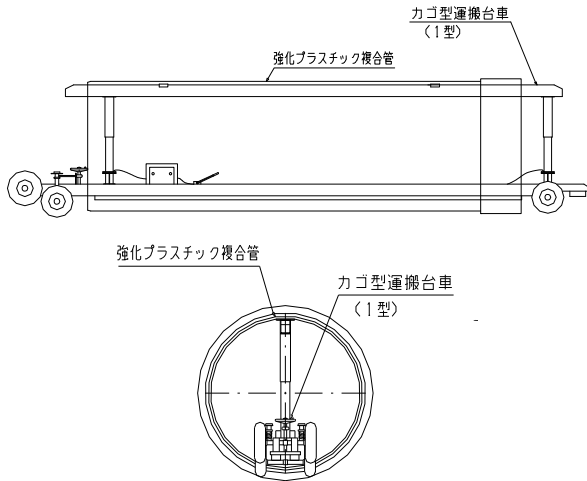


図-1 1型カゴ型運搬台車

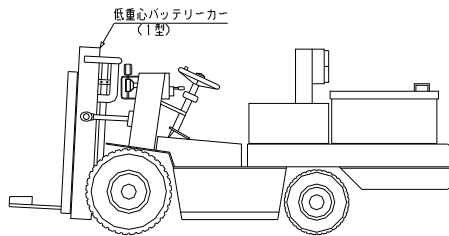


図-2 1型低重心バッテリーカー

3.2 既設形状

鉄筋コンクリート管・アーチカルバート・ダクタイル鋳鉄管・鋼管・陶管・ポリエチレン管・コルゲート管・ボックスカルバート・現場打ち渠（円形・矩形）等様々な管種・形状で適用可能である。

3.3 適用水深

カゴ型運搬台車、低重心バッテリーカーは、基盤を底部に配置しており、水深10cm程度以下で流速がほとんどない場合で施工が可能となる。

3.4 適用延長

管の運搬については、特に制限はないがエアームタルの注入可能距離が通常2kmであることから、一般的に2km程度としているが両端発進が可能であれば4km程度の延長でも施工が可能となる。

3.5 適用の管長さ

曲線部での強化プラスチック複合管を配管する場合、管の継手部の設計曲げ角度と曲率半径により、管の長さ(L)を決定する。管の長さは、次式で表される。

$$L = 2R \sin \frac{\theta_d}{2}$$

ここに、R:曲率半径、 θ_d :設計曲げ角度

なお、強化プラスチック複合管は、パイプインパイプ工法用の管種として下水用途では、日本下水道協会規格のJSWAS K-16規格品であるL3種管を使用し、農業用途では、強化プラスチック複合管協会規格品の内挿用内圧管を使用する。

これらの管種の継手部の設計曲げ角度は、いずれも $2^\circ 30'$ であるため、管長と曲率半径の関係は、表-2のとおりとなる。

表-2 管長と曲率半径

呼び径	設計曲げ角度 θ_d (度)	曲率半径 R (m)			
		4 m管	3 m管	2 m管	最小長さ時の R ¹⁾
700	1.25	183	138	92	35(0.75)
800	1.25	183	138	92	37(0.8)
900	1.25	183	138	92	42(0.9)
1000	1.25	183	138	92	46(1.0)
1100	1.25	183	138	92	50(1.1)
1200	1.25	183	138	92	55(1.2)
1350	1.25	183	138	92	62(1.35)
1500	1.25	183	138	92	69(1.5)
1800	1.25	183	138	92	76(1.65)
2000	1.25	183	138	92	92(1.8)
2200	1.25	183	138	92	92(2.0)
2400	1.25	183	138	92	92(2.0)
2600	1.25	183	138	92	92(2.0)

注1) ()内数字は、最小管長を示す。

3.6 発進部の必要スペース

農業用水路の場合、開水路から発進し、立坑築造工が不要なケースが多いが、下水道分野等で市街地の場合、図-3のようにスペースを設ける必要がある。

その他のスペースとしては、クレーン設置スペース、裏込材注入用のプラント、更生用の強化プラスチック複合管の置き場等が必要となる。

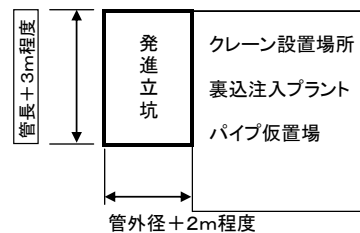


図-3 発進立坑の必要寸法

4. 工法の特徴

4.1 自立管

既設水路の強度を期待せず自らで外力に抵抗する。



パイプインパイプ工法で使用されるエアームルタル基礎により、管側部の受働抵抗土圧が高くなり、そのたわみ係数、曲げモーメント係数を算出した。



【エアームルタルの強度特性】

- 一軸圧縮強度 $\sigma = 1 \text{ MN/m}^2 \Rightarrow$ 安定地山 (N値80) に相当。
- 変形係数 $E_{50} = 150$ より受働抵抗係数 $e' = 8 \text{ MN/m}^2$

表-3 管種毎の許容土被り (m)

	外圧2種管	内挿用管
600	13.6	8.2
700		7.5
800		8.2
900		7.7
1000		7.2
1100		7.8
1200		7.4
1350		7.7
1500		7.2
1650		7.5
1800		7.7
2000		7.2
2200		7.3
2400		7.4
2600		7.5

4.2 耐震性

管自体の可とう性に加え、管体継手部は伸縮・可とう性に優れたゴム輪接合を採用しているため、地震による地盤変動にも追従し漏水を起こさない。また、更生工法に使用される強化プラスチック複合管の外周は、圧縮強度 1 N/mm^2 程度のエアームルタルで拘束されるので、地盤の永久歪み（液状化）の影響を受けない。

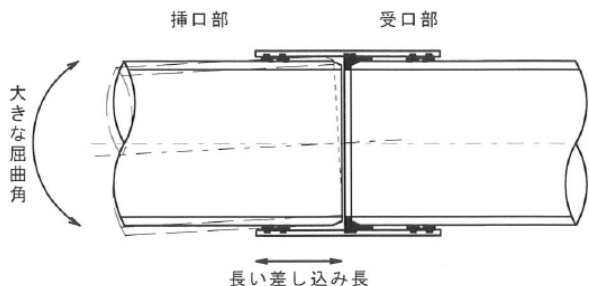


図-4 管きよと管きよの継手部

強化プラスチック複合管の継手は、図-4に示すように高い伸縮性と大きな屈曲角を有しているので、継手の抜け出しや円周方向クラックを防止することができる。

4.3 施工性

無軌道での長距離施工が可能で工期短縮ができる。

表-4 他工法との日進量の比較

パイプインパイプ工法

作業手順	所要時間 (分)
管の吊りおろし、台車セット	10
管搬入	17
滑剤塗布、芯出し接合	40
台車搬出	8.5
高さ・方向調整、管固定	24
合計時間	99.5
日当たり布設本数 (本/日)	4

リフトイン工法

作業手順	所要時間 (分)
管の吊りおろし、台車セット	10
管搬入	10
滑剤塗布、芯出し接合	40
台車搬出	5
高さ・方向調整、管固定	24
合計時間	89
日当たり布設本数 (本/日)	5

※仕上がり径を $\phi 1100$ とする。

※施工延長 $L=200\text{m}$ とする。

また、カゴ型運搬台車と低重心バッテリーカーにより芯出し作業や勾配修正が容易である。

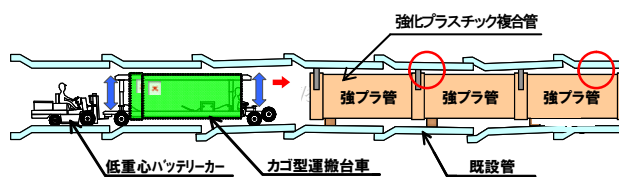


図-5 リフトイン工法施工概要

4.4 経済性

リフトイン工法は、従来の人力で搬送する工法に替わり、カゴ型運搬台車と低重心バッテリーカーの組み合わせにより、長距離施工をスピーディーに施工できる工法である。

表-5 パイプインパイプ工法との積算比較

既設水路	円形きよ 円形管〔φ1350〕		備考
	パイプインパイプ工法	リフトイン工法	
更生管径	φ1100	φ1100	内挿用管
配管延長	200 m	200 m	線形直線
管運搬機器	キャスター付バンド	カゴ型運搬台車	
管搬入方法	人力	低重心バッテリーカー	
裏込材プラント形式	車上プラント	車上プラント	
総配管本数	50 本	50 本	有効長=4m管
日当り布設本数	4 本/日	5 本/日	日当り標準布設本数
日当り布設本数(比率)	100 %	125 %	日当り標準布設本数
管材費(比率)	100 %	100 %	FRPM管、及び接合用滑材費
工事費(比率)	100 %	67 %	管材費以外の直接工事費
直接工事費(比率)	100 %	88 %	

5. 本工事での施工手順と課題解決

5.1 発進立坑の確保

既設水路内に強化プラスチック複合管を搬入する際、既設水路と発進立坑底部とのレベルを合わせるために作業床を設置する。

その後、既設水路内の清掃(写真-2)、既設水路底部の引き抜き強度を事前に行う。



写真-2 既設水路内清掃状況

5.2 管の吊り下ろし

本工事では、発進立坑の開削位置は、屈曲部の地点と、強化プラスチック複合管の4m管が下ろせるスペースを確保する。



写真-3 立坑からの管吊り下ろし

5.3 カゴ型運搬台車への管セット

立坑内に吊り下ろされた管内にカゴ型運搬台車を装着し、油圧ジャッキで担ぎ上げ、低重心バッテリーカーと連結させる。



写真-4 カゴ型運搬台車を装着

5.4 既設管内での運搬

本工事の施工断面は、図-6-1 に示すとおり、既設管内径φ1200に対して、強化プラスチック複合管φ1100を挿入するため、現状では裏込注入管が接触する。

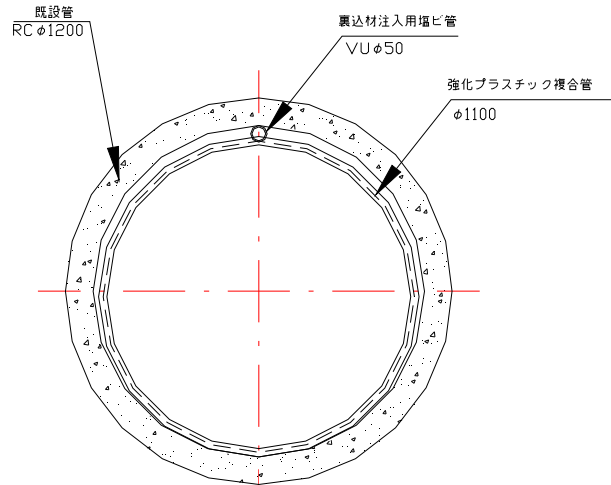


図-6-1 管布設断面図(現況)

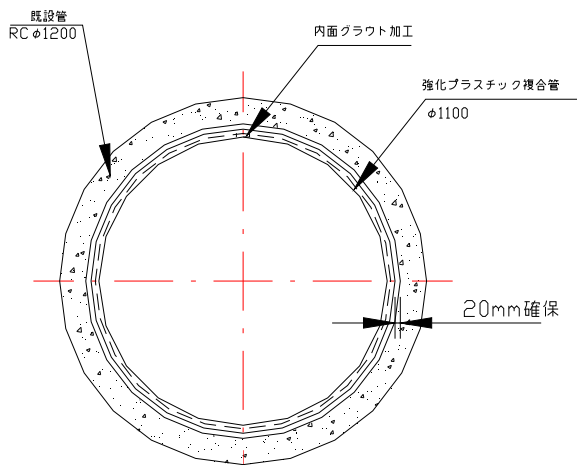


図-6-2 管布設断面図 (変更)

そこで、図-6-2 に示すように裏込注入を外面注入（塩ビ管による注入）から内面注入（グラウト注入）に変更することにより、既設管との離隔を20mm以上確保し、1サイズダウン（既設管φ1200に仕上がり径φ1100を挿入）で長距離施工が可能となった。



写真-5 管運搬状況

5.5 管の接合及び芯出し

管の接合部には、運搬前に滑剤を塗布しておき、レバーブロックにて左右均等に引き込み接合する。その後、カゴ型運搬台車及び低重心バッテリーカーで芯出しを行う。



写真-6 管接合状況

5.6 管の浮上防止

裏込材を注入する際に管に浮力が発生するため、事前に管の浮上対策が必要となる。本工事では、既設管との離隔が狭いため、樹脂製の固定材で間詰めを行った。



写真-7 管の浮上防止固定

5.7 間仕切り壁の設置

1スパン分の管の配管を完了した後、既設管と強化プラスチック複合管との隙間にモルタルバックを設置し、間仕切り壁を構築した。



写真-8 間仕切壁（モルタルバック）設置

5.8 裏込材の注入

強化プラスチック複合管内の上部にグラウト加工を施し、管内にフレキシブルホースと据付プラントからの圧送管を接続して注入を行い、間仕切り壁上部の確認ホースより、裏込材（エアームルタル）の流出を確認した時点で注入作業を終了する。



写真-9 エアーモルタル注入状況

以上、管の吊り下ろしから裏込材注入の作業を繰り返して、強化プラスチック複合管の更生工事を完了した。

6. 施工時の品質管理

6.1 強化プラスチック複合管

管布設時の管理項目として継手部のジョイント間隔があり、管理基準値として「土木工事施工管理基準」（農林水産省農村振興局監修）を準拠し、施工管理を行った。



写真-10 ジョイント間隔測定

図-7 に示すとおり、内面ジョイント間隔は、直線部 20mm、曲率部 53mm の管理基準値に対して、最大で 5mm 以内で推移しており、満足できる結果が得られた。

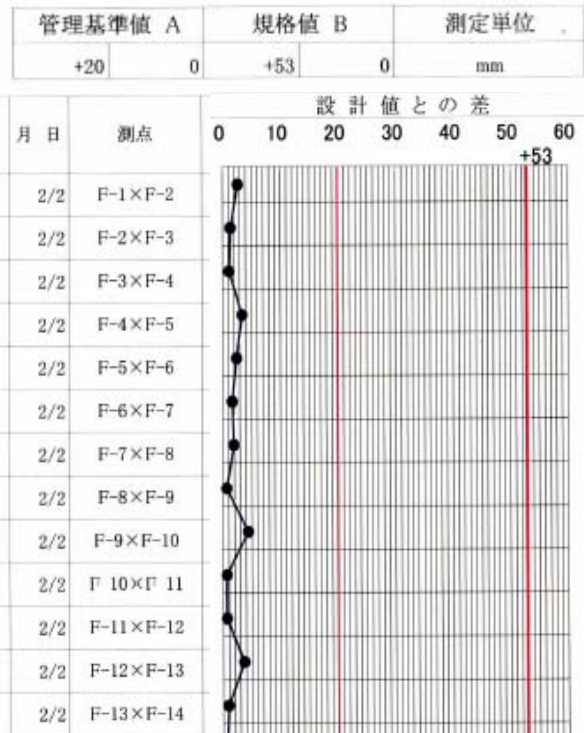


図-7 内面ジョイント間隔（結果）

また、パイプラインの水密性と安全性を確認する目的で行う継目試験は、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「パイプライン」（農林水産省農村振興局監修）p532 継目試験に準拠し、パイプラインの機能性を確認した。

試験内容は、水圧は、管の静水圧（本工事では、0.09MPa）とし、これを 5 分間放置した後、80%以下に低下しないこととする。



写真-11 テストバンド試験状況

表-6 に示すとおり、管の継目部による水密性は、十分満足できる結果が得られた。

表-6 継目試験測定結果

管番号	初期水圧 (Mpa)	5分後水圧 (Mpa)	規格値 80%以上	判定
F1～F2	0.09	0.09	100	○
F2～F3	0.09	0.09	100	○
F3～F4	0.09	0.09	100	○
F4～F5	0.09	0.09	100	○
F5～F6	0.09	0.09	100	○
F6～F7	0.09	0.09	100	○
F7～F8	0.09	0.09	100	○
F8～F9	0.09	0.09	100	○
F9～F10	0.09	0.09	100	○
F10～F11	0.09	0.09	100	○
F11～F12	0.09	0.09	100	○
F12～F13	0.09	0.09	100	○
F13～F14	0.09	0.09	100	○

6.2 裏込材 (エアームタル)

裏込工に使用する注入材は、エアームタルとし、エアームタルの物性値は、表-7 の特記仕様書に示すとおりとし、打設毎及び試験練りの結果が規定値内に収まっていることとした。

表-7 エアームタルの物性値 (規定値)

比重	空気量	W/ (C+F)	フロー値	圧縮強度	硬化熱
	(%)	(%)	(mm)	(N/mm ²)	(°C)
0.80±0.10	50±5	63±3	200±30	1.0	60°C以下

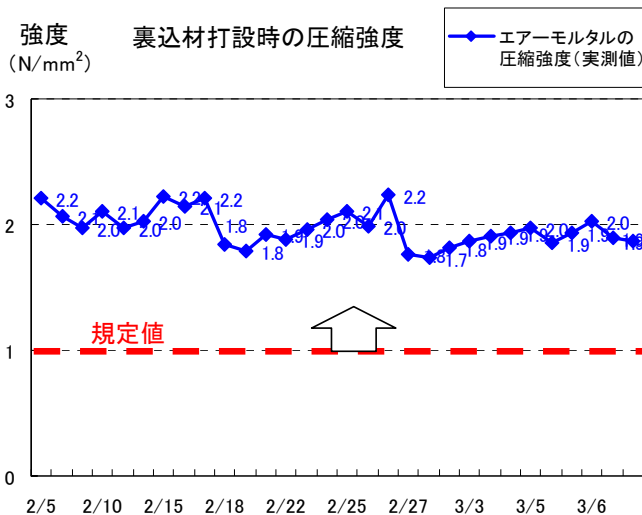


図-8 打設時のエアームタル圧縮強度

図-8 に示すとおり、エアームタル打設時の圧縮強度は、規定値の1N/mm²以上確保しており、裏込材の強度についても十分であることが確認できた。

7. おわりに

本工事では、屈曲部に発進立坑を設置し、管を搬入したため、線形としては、直線区間の運搬通過検討で問題なく施工を完遂したが、今後の課題としては、曲率部、屈曲部での線形について検討していく。

今後、本工法によるメリットを活かし、現場条件に即した安全で低コストの工法としてさらに改善を進めていく。

(参考文献)

- (1) 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「パイプライン」
：農林水産省農村振興局整備部設計課
- (2) 土木工事施工管理基準
：農林水産省農村振興局整備部設計課
- (3) リフトイン工法設計積算資料
：リフトイン工法研究会
- (4) 強化プラスチック複合管 圧力管路用技術資料
：強化プラスチック複合管協会